

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-034230

(43)Date of publication of application : 09.02.1993

(51)Int.Cl.

G01L 23/10

(21)Application number : 03-349644

(71)Applicant : NGK SPARK PLUG CO LTD

(22)Date of filing : 06.12.1991

(72)Inventor : TOYODA HIDEKI  
SHIMOSATO TETSUMA  
KOJIMA TAKAO

(30)Priority

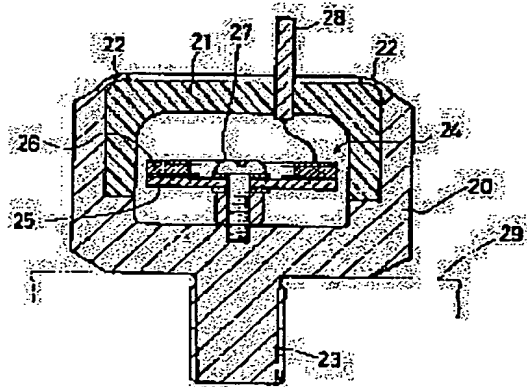
Priority number : 03125414 Priority date : 27.04.1991 Priority country : JP

### (54) PIEZOELECTRIC SENSOR

#### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To improve heat resistance and pyroelectricity by using a single crystal piezoelectric material such as lithium niobate, using a plate piezoelectric element of a circle or a rectangle having outer geometry of a specific thickness and specifying a Z-axis component in a direction of polarization.

**CONSTITUTION:** When knocking occurs in an engine combustion chamber, its impact is propagated to a cylinder block 22 causing vibration on a mount case 20 fitted to the block 22 with a screw. The vibration is transmitted to a vibration sensor member 24 inside the case 20 via a bolt 27 to fluctuate a peripheral part of the bolt 27 with the bolt 27 as the center. Then a piezoelectric element 26 is distorted to have signal voltage generated, and occurrence of the knocking can be sensed by detecting the voltage. The element 26 is made of a single crystal piezoelectric material of  $\text{LiNbO}_3$ , while a Z-axis component in a direction of polarization is  $20^\circ$  or less. Thus a Curie point is as high as approximately  $1200^\circ\text{C}$ , as well as a drop in S/N due to a pyroelectric effect can be improved. Further by making thickness of the element 0.3mm to 1.5mm, its damage can be entirely eliminated.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 16.07.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3123796

[Date of registration] 27.10.2000

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-34230

(43)公開日 平成5年(1993)2月9日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

G 0 1 L 23/10

識別記号

庁内整理番号

9009-2F

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数4(全7頁)

(21)出願番号 特願平3-349644

(22)出願日 平成3年(1991)12月6日

(31)優先権主張番号 特願平3-125414

(32)優先日 平3(1991)4月27日

(33)優先権主張国 日本(JP)

(71)出願人 000004547

日本特殊陶業株式会社

愛知県名古屋市瑞穂区高辻町14番18号

(72)発明者 豊田 秀樹

名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊  
陶業株式会社内

(72)発明者 下郷 徹馬

名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊  
陶業株式会社内

(72)発明者 小島 孝夫

名古屋市瑞穂区高辻町14番18号 日本特殊  
陶業株式会社内

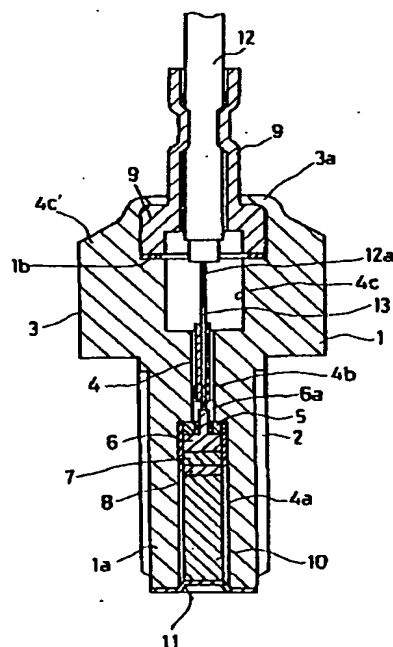
(74)代理人 弁理士 松浦 喜多男

(54)【発明の名称】 圧電センサ

(57)【要約】

【目的】 圧電センサの主体金具1の内部に装着される圧電素子7を、耐熱性、耐久性または焦電性が良好なものとする。

【構成】 圧電素子7に、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)やタンタル酸リチウム(LiTaO<sub>3</sub>)もしくはこれら単結晶材料と同効の単結晶圧電材料を用い、その厚みが0.3mm～1.5mmの外形寸法を有する円形または角形の板状圧電素子7を用いた。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関のシリンダーに装着される主体金具に、検出開口がシリンダー内に位置する軸孔を備え、その軸孔の内部に圧電素子、圧力伝達棒等の検出要素を収納し、更に前記軸孔の開口端を、金属製ダイヤフラムで密封してなるものにおいて、前記圧電素子として500℃以上の温度のキュリー点を有する単結晶圧電材料よりなり、厚み0.3mm～1.5mmの外形状を有する円形もしくは角形の板状圧電素子を用いたことを特徴とする圧電センサ。

【請求項2】 前記板状圧電素子が、ニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなることを特徴とする請求項1記載の圧電センサ。

【請求項3】 前記板状圧電素子が、分極方向のZ軸成分が20°以下であることを特徴とする請求項1記載の圧電センサ。

【請求項4】 圧力、振動、加速度等の物理量を電気的信号に変換する圧電素子を用いた圧電センサにおいて、前記圧電素子が、ニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなり、分極方向のZ軸成分が20°以下であることを特徴とする圧電センサ。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】本発明は内燃機関のシリンダー内圧の変化等の、圧力、振動、加速度といった物理量を圧電素子によって検出する圧電センサに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】内燃機関のシリンダーブロックに設けられたセンサ取付け用螺子孔に装着される主体金具の内部に圧電素子、圧力伝達棒等よりなる検出要素を収納するとともにシリンダー内に位置する下端面にダイヤフラムを封着し、シリンダー内圧を前記ダイヤフラムと圧力伝達棒とを介して圧電素子に伝播し、該素子よりシリンダー内圧力の大きさに比例した電気信号を取り出すようにした、圧力検出に用いられる圧電センサは公知である。

【0003】また前記圧電素子として一般に、チタン酸ジルコン酸鉛、チタン酸鉛等のセラミック材料よりなる圧電素子が用いられている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような圧電センサは、点火プラグと同様にシリンダー内圧とともに高い燃焼温度（500℃）中に曝されるため、セラミック系の圧電素子にあっては、そのキュリー点がチタン酸ジルコン酸鉛系では約250℃、チタン酸鉛系では約350℃と前記燃焼温度よりも低く、いずれもそのままでは、素子部はかなりの高温（400℃前後）となり、このため消極等により圧電特性が劣化し、使用に耐え得ない。そこで通常、圧電素子を適温に維持する冷却手段を付加したうえで使用している。このため構造が複雑、大型化し、価格も高騰するという欠点があった。このため、冷却手段を要しない耐熱性に優れた圧電素子を備える圧電

2

センサが待望されている。さらには圧電素子の焦電効果によるS/N比の低下を改善することも望まれている。

【0005】またこのように、内燃機関のシリンダー内圧を検出するものだけではなく、圧力、振動、加速度といった物理量を圧電素子によって検出する圧電センサにあって、同様に耐熱性に優れ、S/N比の高いものが望まれている。本発明は、かかる要望を満たし得る圧電センサの提供を目的とするものである。

## 【0006】

10 【課題を解決するための手段】本発明は、内燃機関のシリンダーに装着される主体金具に、検出開口がシリンダー内に位置する軸孔を備え、その軸孔の内部に圧電素子、圧力伝達棒等の検出要素を収納し、更に前記軸孔の開口端を、金属製ダイヤフラムで密封してなるものにおいて、ニオブ酸リチウム（ $\text{LiNbO}_3$ ）やタンタル酸リチウム（ $\text{LiTaO}_3$ ）もしくはこれら単結晶材料と同効の単結晶圧電材料を用い、その厚みが0.3mm～1.5mmの外形状を有する円形または角形の板状圧電素子を用いた。かかる構成にあって、板状圧電素子は分極方向のZ軸成分が20°以下のものが適用され得る。

20 【0007】また圧力、振動、加速度等の物理量を電気的信号に変換する圧電素子を用いた圧電センサにおいて、前記圧電素子を、ニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなり、分極方向のZ軸成分が20°以下としたものを用いた。

## 【0008】

【作用】 $\text{LiNbO}_3$ のキュリー点は約1200℃であり、また $\text{LiTaO}_3$ のキュリー点は約650℃であり、いずれもキュリー温度が500℃よりも高い。従ってかかる単結晶圧電材料からなる圧電素子は、耐熱性に優れ、圧電特性が劣化するようなことがない。

30 【0009】またこれら単結晶材料は機械的強度に乏しく、通常の切断方法例えばダイヤモンドカッター、超音波カッター、レーザービーム等にて破損することがあるが、その厚を0.3mm～1.5mmに限定することによりかかる問題が解決される。ここで0.3mm未満では切断時の機械的衝撃に耐えられない。また1.5mmを越えると切断時の熱衝撃により割れが発生する。従って好ましくは1.0mm以下が良い。さらにこのような圧電センサーにおいては、受圧面の精度、平行度が必要で、通常、表面研磨を実施することが多く、この点からも0.3mm以上が必要となる。

40 【0010】また分極方向のZ軸成分が20°以下とすることにより、圧電素子の焦電効果によるS/N比の低下を改善することができる。

50 【0011】一方、内燃機関のシリンダーの内圧を検出するもの以外の圧電センサにあっては、その機械的衝撃が小さい箇所に設定するのであれば、圧電素子が、ニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなり、分極方向のZ軸成分が20°以下とすることにより、耐熱性に優れると

ともに、圧電素子の焦電効果によるS/N比の低下を改善することができる。

【0012】

【実施例】図1は本発明の一実施例を示し、1は下端部1a外周にシリンダブロックに螺合する雄螺子2と、上端部1b外周にスパナ等の締付け工具と適合する六角部3とを形成したボルト構造をなす主体金具で、その内部には、軸孔4が形成されている。この軸孔4は下端部1a側を貫通する異径孔4a、4bと、上端部1b側を貫通する径大孔4cとの接続孔よりなる。前記異径孔4a、4bのうち、径大側の孔4aには、その径小側の孔4bに近いほうから電気絶縁環5、第1の端子部材6、表裏面に電極7a、7bが付与された圧電素子7、第2の端子部材8が順次層状に配設され、これら積層物の周囲に被覆した絶縁材により主体金具1と絶縁している。また前記第1の端子部材6の上面からは後記する信号搬送用ケーブル12と接続する接続手6aが、絶縁環5を挿通して突設している。

【0013】更に前記径大側の孔4aには圧力伝達棒10が挿入され、その一端を第2の端子部材8に圧接し、他端は主体金具1の下端部1a端面を機密に封口するように接合された金属製ダイヤフラム11に接着している。この金属ダイヤフラム11は耐熱性が必要で、例えばインコネル又はSUS630相当の耐熱性金属材料のようなものが良い。

【0014】前記六角部3側の径大孔4cの内面には、段座4c'が形成され、これに座定する鍔9aを備えた金属スリーブ9が嵌合されるとともに六角部3の上端から突出する環状薄片3aを内側に屈曲することによって加締め付けられている。

【0015】前記金属スリーブ9の内部には信号搬送用ケーブル12の一端が挿通固定され、該ケーブル12より裸出した芯線12aが絶縁被覆した中継用導線13を介して第1の端子部材6に接続されている。しかるに圧電素子7の一方の電極は前記第1の端子部材6と中継用導線13を通してケーブル12の芯線12aに接続さ

れ、他方の電極は第2の端子部材8と伝達棒10を通して主体金具1に接地接続されている。

【0016】ここまでの構成は、従来公知であるが、本発明の構成上の特徴とするところは、第1の端子部材6と第2の端子部材8との間に配された圧電素子7に、ニオブ酸リチウム(LiNbO<sub>3</sub>)やタンタル酸リチウム(LiTaO<sub>3</sub>)もしくはこれら単結晶材料と同効の単結晶圧電材料よりなり、厚みが0.3mm～1.5mmの外形寸法を有する円形(図2参照)または角形(図3参照)の板状圧電素子を用いたところにある。

【0017】尚、単結晶よりなる圧電素子7は、円形板でもよいが、経済性、量産性の面から図3に示すような角形板の方が望ましく、この場合、図4に示すように一枚の大きな単結晶基板sに格子状の切断線tを施すことにより、多数の圧電素子7、7…を一度に、無駄なく製作できる。

【0018】さらに圧電素子7の表裏面に被着する電極7a、7bは、メッキ、蒸着等によって形成することができるが、圧電素子との密着性を高める点から、ニッケル、銀等の金属を有機溶剤中に分散してなる有機金属インクを用い、これを印刷により形成、焼き付けても良く、この場合、前記有機金属インクを印刷後、第1、第2の端子部材6、8を積層したうえで一体に焼き付けることによって、圧電素子と電極との間、電極と端子部材との間の密着性が高くなり、使用中の接触不良を確実に防止する利点がある。

【0019】いま圧電素子7として、ニオブ酸リチウムよりなり、次の表1に示す如くの外径寸法に超音波カットを行なった。またダイヤフラムの内外径も表1の如くに変化させた。尚、試料No.4のみはタンタル酸リチウムの単結晶圧電材料よりなる。ここで、試料No.2、No.4、No.15は角形であり、他は円形である。また、外径φmmの欄で「H」印を付した試料は、ダイヤフラムの肉厚を0.1mmとしたものであり、他は0.2mmの肉厚である。

【表1】

10

20

30

試 料	素 子 寸 法		ダイアフラム径		素子破損 率 %
	直径 $\phi$ mm	厚み mm	外径 $\phi$ mm	内径 $\phi$ mm	
1	$\phi$ 4	0.5	8	6.5	0
2	$\square$ 5	0.5	8	6	0
3	$\phi$ 6	0.5	8	5	0
4	$\times \square$ 6	1.0	8	5	0
5	$\phi$ 4	0.5	6	3	0
6	$\phi$ 5	0.5	6	3	0
7	$\phi$ 3	0.5	6	4	0
8	$\phi$ 4	0.5	H 6	4	0
9	$\phi$ 3	0.7	5	2	0
10	$\phi$ 3	0.7	4	1	0
11	$\phi$ 4	0.5	7	5	0
12	$\phi$ 4	0.3	H 7	5	20
13	$\phi$ 4	0.7	H 7	5	20
14	$\phi$ 3	1.0	H 7	5	100
15	$\square$ 2.5	0.5	H 6	4	80

上記表にあって、圧電センサをシリンダ容積2000cc、回転数6000rpm、最大シリンダ内圧力70kg/cm<sup>2</sup>の公称規格を有する自動車の内燃機関に装着し、100時間テストした後、圧電素子の破損を調査した。次にシリンダ内圧力の変化に対する発生電荷を調査したところ試料No.1、試料No.4及び試料No.7がやや乏しい圧力依存性を示した。さらに、バンドヒータで加熱して温度依存性を調査したところ、試料No.1及び試料No.7が大きな温度依存性を示し、ダイアフラム部での分圧の程度が大きく起因していることが判明した。試料No.4についてはタンタル酸リチウムの圧電特性が乏しいためと思われる。

【0020】また試料を0℃の水が入ったタンクと、150℃のシリコンオイルが入ったタンクとに交互に浸漬し

て焦電特性をテストした。このとき試料はNo.3、No.11の寸法とし、ニオブ酸リチウム単結晶の各種の角度のカット品につき行なった。その結果は図5の如くであった。ここで縦軸は温度変化によって発生する電荷を示し、横軸は分極方向のZ軸成分の角度 $\theta$ を示す。この結果からZ軸成分が少ない方が良好であることが解った。ここでZ軸成分の角度 $\theta$ は図6で示すように規定され、分極軸の面方向(X、Y方向)からの厚み方向(Z方向)への偏位角をいう。すなわち、 $\theta=90^\circ$ とは厚み方向と同一方向で分極されているものをいい、 $\theta=0^\circ$ とは、面方向に分極されているものをいう。

【0021】また圧力感度10気圧相当以下にするためにはZ軸成分の角度 $\theta$ が20°以下が良好であり、5気圧相

当以下の $10^\circ$ 以下がさらに良好で、回路上での滤波も容易となる。またこれらのカットにあっては、圧電特性も充分であった。

【0022】特にZ方向の無い( $\theta=0$ )試料については、焦電が殆どみられず、非常に良好であった。一方、Z方向の無い( $\theta=0$ )試料にあって、Xカット、Yカット品について夫々作成し検討してみたところ、Yカットの圧電特性(約20pC/N)はXカットの圧電特性(数pC/N)に比べ良好で、他のカットと殆ど同等であり、さらには機械的強度においても良好な結果を得た。

【0023】上述の実施例は、シリンダブロックに螺合してシリンダの内圧を検出するために用いられる圧電センサに関するものであるが、このほか圧力、振動、加速度等の物理量を検出する圧電センサに、単結晶構造の圧電素子を用いることができる。

【0024】図7は、内燃機関のノッキング検出に用いられる圧電センサであって、その構成を説明する。ここで、20は、内部に円筒状の内空部を設け、その上部開口に蓋体21をカシメ22によって被着した六角形外周の装着ケースであって、その下面に内燃機関のシリンダブロック29に設けた雌螺子に螺合する雄螺子23が突設されている。そしてその内空部には金属薄板25上に表裏に電極を備えた本発明に係るリング状の圧電素子26が接合して構成される振動感知部材24がボルト27によって保持されている。また前記蓋体21にはリード線を介して圧電素子26の電極と接続する端子28が植設されている。

【0025】かかる構成にあって、エンジン燃焼室内でノッキングが起ると、その衝撃はシリンダブロック22に機械的振動として伝播し、該ブロック22に螺装した装着ケース20にノッキング固有の振動数と略等しい振動を生ずる。このため該振動がボルト27を介してケース20内部の振動感知部材24に伝達し、ボルト27を中心としてその周部を揺動する。而して圧電素子26が歪んで信号電圧が発生し、かかる電圧を検出することによりノッキングの発生を検知することが可能となる。

【0026】この構成にあって、前記圧電素子26は、ニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなり、分極方向のZ軸成分を $20^\circ$ 以下としている。このため、このような圧電センサにあっては、シリンダブロック20に固定されるため、 $200^\circ\text{C}$ 以上の高温となり、温度及び焦電効果による影響が問題となるが、上述したように、本発明にかかる圧電素子26は、耐熱性があり、焦電効果による影響が小さく、かかる高温雰囲気による問題が解決される。

【0027】図8は、加速度計として用いられる圧電センサであって、その構成を説明する。ここで、30はケースであって、該ケース30内でケース基板31上には、圧電素子32と重錘33とを積み上げて固定している。そして前記ケース基板31の下面に突成した取付け

螺子34を走行体に螺着して固定される。かかる構成の圧電センサにあっては、例えば自動車のエアバック等を作動させるための加速度検出に用いられる。このように、自動車に配設される場合にあっては、高温でしかも温度変化を生じ易く、耐熱性があり、焦電効果による影響が小さいセンサーが求められ、前記圧電素子32をニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなり、分極方向のZ軸成分を $20^\circ$ 以下としたものが好適となる。

【0028】尚、前記図7、8の構成にあっては、エンジン内に直接、一部を挿入するものではないから、図1で示した圧電センサに比して、その機械的衝撃が小さく、このためかならずしも圧電素子の厚は $0.3\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$ に限定されるものではない。

【0029】

【発明の効果】エンジンブロック内の圧力を検出する本発明の圧電センサは、上述のように主体金具の内部に装着される圧電素子に、シリンダ中の燃焼温度よりも高いキュリー点を有する $\text{LiNbO}_3$ 、 $\text{LiTaO}_3$ 、またはこれと同効の単結晶圧電材料を用いたから、従来のように冷却手段によって圧電素子を冷却する必要は全くない。さらに本発明では圧電素子の厚みを $0.3\text{mm} \sim 1.5\text{mm}$ とすることによって、ダイアフラムとの面積比を想定することによって製作が容易となるばかりか、使用中にシリンダ内圧力によって素子が破損するといった危険をも皆無とすることができる。このためかかる構成にあっては耐熱性、耐久性または焦電性に優れ、小型、安価な圧電センサを市場に供し得るという効果がある。

【0030】またこのほかの圧力、振動、加速度等の物理量を電氣的信号に変換する圧電素子を用いた圧電センサにあっては、前記圧電素子が、ニオブ酸リチウムの単結晶圧電材料よりなり、分極方向のZ軸成分が $20^\circ$ 以下とすることにより、高温下にあっても耐熱性及び焦電性に優れ、安定した特性を生ずる。このように、本発明は耐熱性、耐久性または焦電性に優れ、小型、安価な圧電センサを市場に供し得るという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例を示す圧電センサの縦断側面図である。

【図2】圧電素子7を円形に作成したものの斜視図である。

【図3】圧電素子7を角形に作成したものの斜視図である。

【図4】圧電素子7の切り出し手段を示す斜視図である。

【図5】ニオブ酸リチウム単結晶の各種の角度のカット品の焦電効果による影響を示すグラフである。

【図6】Z軸成分の角度 $\theta$ の概念を示す座標である。

【図7】ノッキング検出に用いられる圧電センサの縦断側面図である。

【図8】加速度計として用いられる圧電センサの縦断側

面図である。

【符号の説明】

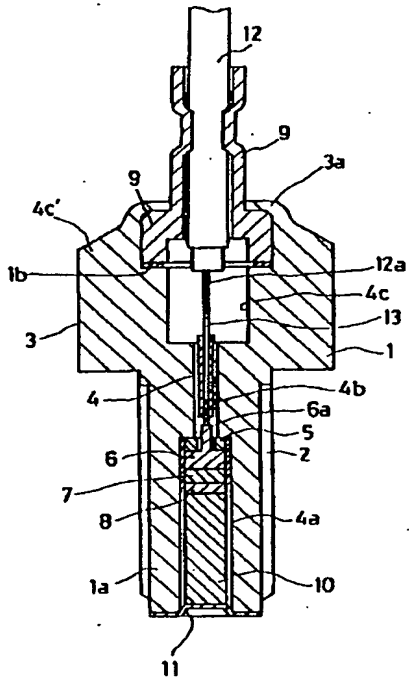
1 主体金具

\* 4 軸孔

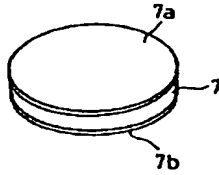
7, 26, 32 圧電素子

\* 11 金属製ダイヤフラム

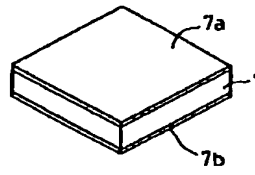
【図1】



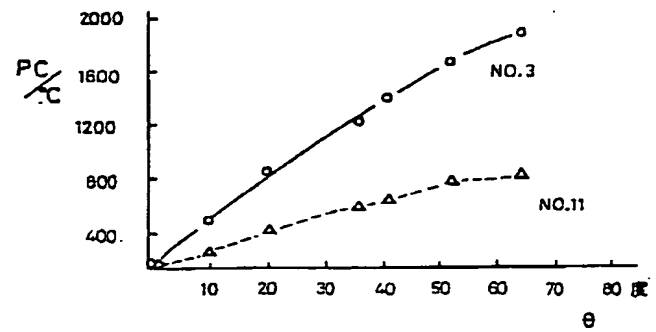
【図2】



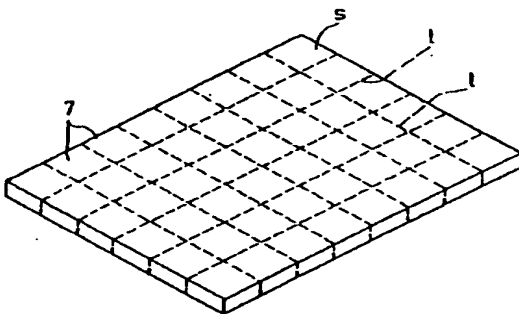
【図3】



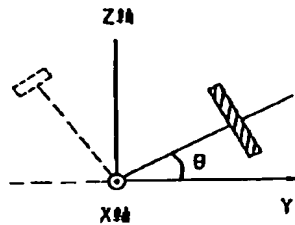
【図5】



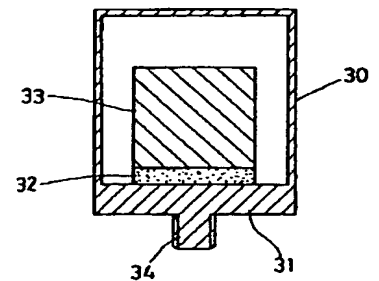
【図4】



【図6】



【図8】



(7)

特開平5-34230

【図7】

